

Masyuk A. N.

Analysis of the plants' tops productivity of the fast-growing tree plantations cultivated on common chernozems

УДК 630\*228(477.63)

А. Н. Масюк

Днепропетровский национальный университет

## АНАЛИЗ НАДЗЕМНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ БЫСТРОРАСТУЩИХ ДРЕВЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ, КУЛЬТИВИРУЕМЫХ НА ЧЕРНОЗЕМАХ ОБЫКНОВЕННЫХ

Проаналізовано характер розміщення фітомаси у вертикальному просторі деревостанів швидкорослих деревних порід, культивованих на чорноземі звичайному. Встановлено, що надземна продуктивність *Populus nigra* L. склала 323 т/га, *Robinia pseudoacacia* L. – 164 т/га, *Hippophae rhamnoides* L. – 98,5 т/га. Розподіл фітомаси залежав від біологічних особливостей кожної культури та умов її зростання.

The paper presents analysis of the phytomass distribution along the vertical dimension at the fast-growing tree plantations established on reclaimed common chernozem. It was found that above-ground productivity of *Populus nigra* L. reached 323 tons per hectare, *Robinia pseudoacacia* L. – 164 and *Hippophae rhamnoides* L. 98.5 tons per hectare. Forming and distribution of the phytomass depend on the biological peculiarities of each tree species and growing conditions.

### Введение

Проблема биологической продуктивности в учении об экосистемах и биогеоценозах порождает цикл исследований, связанных, во-первых, с образованием, трансформацией и аккумулярованием органического вещества, во-вторых, с анали-

---

© А. Н. Масюк, 2007

95

зом факторов, обуславливающих продуктивность. При анализе факторов и самого процесса продуцирования, помимо оценки только продукции, большое значение приобретает определение поверхности разных частей растений, изучение пространственного размещения тел растений и анализ закономерностей строения полога древостоев. В связи с этим, в исследованиях биологической продуктивности лесов существенное внимание уделяется всякого рода морфометрическим определениям, а также изучению экологических режимов растительного покрова [2; 4; 6; 7; 12].

Целью исследования являлось установление надземной продуктивности искусственных насаждений робинии лжеакация, тополя черного и облепихи крушиновидной, произрастающих на зональных черноземах обыкновенных, для выявления закономерностей роста и развития этих быстрорастущих пород. Этой цели достигали путем изучения состава и свойств почв, вертикальной структуры древостоя, распределения фитомассы в насаждениях. Полученные данные в последующем будут использованы для сравнительной характеристики развития насаждений, культивируемых на рекультивированных землях.

### Материал и методы исследований

Объект исследований – быстрорастущие древесные породы (тополь черный (*Populus nigra* L.), робиния лжеакация (*Robinia pseudoacacia* L.) и облепиха крушиновидная (*Hippophae rhamnoides* L.)), произрастающие в Мавринском лесопитомнике Новомосковского лесхоззага Днепропетровского областного управления лесного хозяйства. Выбор этих культур был обусловлен рядом причин.

Во-первых, быстрорастущие, технически ценные древесные породы занимают важное место в лесном хозяйстве многих стран мира. В 1950-х годах наиболее широкое признание закрепилось за тополями. К настоящему времени площадь искусственных тополевых насаждений в мире превышает 1,35 млн. га. Преобладающая часть (940 тыс. га, или 70,3 %) культур тополей находится в странах Европы. Второе место в мире по площади искусственных насаждений после тополей занимает робиния лжеакация. В Европе сосредоточено более 0,86 млн. га белоакациевых насаждений [5]. Облепиха крушиновидная обладает высокой экологической пластичностью и разносторонним целевым применением.

Во-вторых, исследуемый ассортимент древесных пород широко используется при создании искусственных лесных насаждений на рекультивированных землях.

В-третьих, посадочный материал этих пород, применяемый для восстановления нарушенных земель, брался в Мавринском лесопитомнике (Днепропетровская область), где находятся насаждения, возраст которых соответствует возрасту насаждений на участках лесной рекультивации в Западном Донбассе. Мавринский лесопитомник расположен в 20 км от экспериментального участка вне зоны влияния объектов угледобывающей промышленности.

Исследование почвенных условий [1] проводили путем закладки почвенных разрезов. В почвенных образцах определяли гранулометрический состав (по Качинскому), влажность и карбонатность (весовым методом),  $pH$  водной вытяжки (потенциометрическим методом), гумус (по Тюрину), валовой азот (по Кьельдалю), фосфор и калий (по Мачигину), гидролизующий азот (по Тюрину и Кононовой), обменные кальций и магний (комплексометрическим методом), сумму обменных оснований (по Каппену–Гильковицу).

В основу методики учета первичной продуктивности и изучения структуры фитоценозов положены методические указания [8; 10; 11]. Общие запасы и фракционную структуру фитомассы древесного яруса изучали методом отбора модельных

деревьев. После их спиливания выделяли три биогеогоризонта [2; 9; 13], каждый из которых разбирали на листья, ауксисласты, плоды, ветви живые, ветви усохшие и ствол, с отбором образцов на влажность и зольность. Индекс листовой поверхности (ИЛП) определяли методом высечек. Биогеогоризонт интенсивной материально-энергетической трансформации (БГГ-1) соответствовал верхней части кроны, биогеогоризонт ослабленной материально-энергетической трансформации (БГГ-2) – нижней части кроны, биогеогоризонт кроново-стволовой и стволовой аккумуляции (БГГ-3) – нижней части ствола.

### Результаты и их обсуждение

**Характеристика почвенных условий.** Чернозем обыкновенный слабовыщелоченный тяжелосуглинистый на лессе. Занимает наиболее выровненную часть питомника. Морфологическое строение профиля и химические свойства почвы приводятся на примере описания разреза № 4. Участок – черный пар.

Горизонт *H* (0–40 см) – гумусовый, темно-серый до черного, комковатый в пахотном слое и комковато-зернистый в подпахотном, хорошо гумусирован (3,76 % гумуса), реакция среды близка к нейтральной ( $pH = 6,7$ ), тяжелосуглинистый (физический песок – 54,58 %, физическая глина – 45,42 %, в том числе ил – 30,85 %), валового азота – 0,344 %, подвижных форм фосфора – 24,0 мг, калия – 14,8 мг, гидролизуемого азота 11,48 мг на 100 г почвы. В состав ППК входят кальций – 20,36 мг-экв. и магний – 6,42 мг-экв. на 100 г почвы. Сумма обменных оснований – 27,19 мг-экв. на 100 г почвы. Переход постепенный.

Горизонт *H<sub>p</sub>* (40–75 см) – гумусовый, переходный, темно-серый с буроватым оттенком, комковатый, тяжелосуглинистый (физический песок – 50,40 %, физическая глина – 49,60 %, в том числе ила – 29,27 %). Содержание гумуса 2,25 %. Реакция почвенного раствора слабощелочная ( $pH = 7,3$ ). Карбонатов 0,1 %. В ППК присутствуют кальций (19,90 мг-экв.) и магний (5,54 мг-экв. на 100 г почвы). Сумма обменных оснований – 27 мг-экв. на 100 г почвы. Переход к нижележащему горизонту постепенный.

Горизонт *Phk* (75–115 см) – переходный к породе, серовато-желто-палевый с загумушенными затеками, суглинистый (физический песок – 61,51 %, физическая глина – 38,49 %, в том числе ила – 24,23 %), слабо уплотненный, пористый, влажный, вскипание от соляной кислоты с 75 см. Содержание гумуса 0,95 %. Реакция почвенного раствора щелочная ( $pH = 7,9$ ). Карбонатов – 7,9 %. В ППК кальция – 19,50 и магния 5,48 мг-экв. на 100 г почвы. Сумма обменных оснований – 46,55 мг-экв. на 100 г почвы. Переход к следующему горизонту постепенный.

Горизонт *Pk* (115 см и глубже) – почвообразующая порода, палево-желтый мелкоглыбистый с обилием загумушенных кротовин, карбонатный (11,4 %), суглинистый лесс (физический песок – 58,58 %, физическая глина – 41,42 %, в том числе ила – 24,9 %). Реакция почвенного раствора  $pH = 8,0$ .

Из вышеприведенного описания следует, что почва обладает благоприятными количественными показателями плодородия. Она не засолена. Обеспеченность питательными веществами (азотом, фосфором, калием) высокая. Тяжелый гранулометрический состав несколько ухудшает мелиорацию, поэтому необходимо на начальных стадиях развития древостоя поддерживать пахотный горизонт постоянно в рыхлом состоянии во избежание сильного пересыхания почвы и затруднения корнепроницаемости семян и саженцев.

**Насаждения облелихи крушиновидной.** Исследования показали, что к 17-летнему возрасту древостой облелихи крушиновидной достиг высоты 6 м и диаметра 8,1 см. Тип экологической структуры – полуосветленный, световое состояние нор-

мальное, соответствует второй ступени развития – жердняк. Тип древостоя – 10 Об. Сомкнутость крон – 1. На одном гектаре зарегистрировано 2500 деревьев. В изученном древостое выделено три биогеогоризонта.

БГГ-1 занимает ярус мощностью 2 м, располагаясь на высоте от 4 до 6 м. Продуктивность его составила 15,33 т/га (табл.). Наибольший удельный вес приходится на ветви – 64,1 %, из которых на усохшие части – 11,6 %. Он характеризуется обильным облиствением. Здесь образуется 2,06 т/га листьев или 13,5 % от массы БГГ. Индекс листовой поверхности (ИЛП) – 1,13 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. Участие ауксибластов – 5,2 %, плодов – 17,3 %. Ствол отсутствует.

БГГ-2 выделен на высоте от 2 до 4 м. Им аккумулировано 36,17 т/га абсолютно сухой массы. Распределение фитомассы по фракциям: ветви живые – 61,1 %, усохшие – 29,0 %, листья – 5,4 %, плоды – 2,3 % и ауксибласты – 2,2%. ИЛП – 1,38 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. К особенностям формирования БГГ можно отнести: 1) отсутствие ствола (на высоте 2 м происходит разветвление ствола на ветви первого порядка); 2) доминирование живых ветвей; 3) значительное количество усохших ветвей; 4) понижение удельного веса органов ежегодного обновления.

Таблица

**Вертикально-фракционное распределение  
надземной фитомассы древесных культур, кг/га**

| Биогеогоризонт | Фракции фитомассы | Облепиха крушиновидная | Робиния лжеакация | Тополь черный |
|----------------|-------------------|------------------------|-------------------|---------------|
| БГГ-1          | ствол             | 0                      | 1198              | 8317          |
|                | ветви живые       | 8045                   | 34214             | 28757         |
|                | ветви усохшие     | 1775                   | 0                 | 0             |
|                | ауксибласты       | 795                    | 1582              | 2674          |
|                | листья            | 2063                   | 7584              | 9768          |
|                | плоды             | 2653                   | 8514              | 0             |
| Всего по БГГ-1 |                   | 15330                  | 53093             | 49516         |
| БГГ-2          | ствол             | 0                      | 6919              | 91582         |
|                | ветви живые       | 22090                  | 21815             | 55385         |
|                | ветви усохшие     | 10500                  | 3710              | 224           |
|                | ауксибласты       | 803                    | 408               | 3095          |
|                | листья            | 1955                   | 2663              | 9690          |
|                | плоды             | 825                    | 2260              | 0             |
| Всего по БГГ-2 |                   | 36173                  | 37776             | 159976        |
| БГГ-3          | ствол             | 23608                  | 60227             | 99823         |
|                | ветви живые       | 8593                   | 6233              | 81154         |
|                | ветви усохшие     | 13183                  | 6116              | 2344          |
|                | ауксибласты       | 300                    | 87                | 643           |
|                | листья            | 1155                   | 496               | 2566          |
|                | плоды             | 168                    | 0                 | 0             |
| Всего по БГГ-3 |                   | 47005                  | 73159             | 113530        |
| Итого          |                   | 98508                  | 164027            | 323021        |

БГГ-3 располагается в границах от поверхности почвы до 2 м. Характеризуется максимальной продуктивностью – 47,01 т/га, которая на 50,2 % обеспечивается стволами и на 46,3 % ветвями, из которых на усохшие их части приходится 28,0 %, на живые – 18,3 %. Участие в формировании БГГ органов ежегодного обновления сокращается до 2,5 % у листьев, 0,6 % у ауксибластов и 0,4 % у плодов. ИЛП – 1,3 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. Надземная продуктивность древостоя облепихи составила 98,51 т/га. Фракционная структура ее имеет следующий вид: стволы – 24 %, ветви живые – 39 %, ветви усохшие – 26 %, листья – 5 %, плоды – 4 % и ауксибласты – 2 %. ИЛП составил 3,81 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>.

Изучение радиального пространства насаждения показало, что основные запасы фитомассы находятся в БГГ стволовой аккумуляции – 47,7 %, в БГГ ослабленной материально-энергетической трансформации – 36,7 % и в БГГ интенсивной материально-энергетической трансформации – 15,6 %. Формирование древостоя кроны происходит за счет активно развивающихся ветвей, часть которых из-за биологических особенностей растений и климатических условий переходит в усохшее состояние.

Как показал вертикально-фракционный анализ, распределение отдельных фракций в древостое происходит следующим образом. Стволовая часть развивается до 2 м. На этой высоте происходит разделение ее на ветви первого порядка, начинается формирование кроны. В нижней части кроны наблюдается максимальное присутствие живых ветвей 57 % и формируются ветви второго и третьего порядков с последующим увеличением по мере роста и перехода в верхнюю часть кроны, где сосредотачивается их до 21 % от общей массы фракции. Одновременно с этим происходит отмирание ветвей. Так, в БГГ-1 их зафиксировано 7 %, БГГ-2 – 42 % и БГГ-3 – 52 %. Ауксибласты равномерно распределяются в разных частях кроны – по 42 % и только 16 % приходится на нижнюю часть ствола. При высокой густоте стояния деревьев происходит снижение массы побегов и уменьшение их удельного веса в структуре древостоя, что отражается на кронообразовании. Аналогичное распределение свойственно листьям (40, 38, 22 %). Следует отметить, что по мере уменьшения массы листьев, связанного с радиальной дифференциацией, происходит увеличение площади их поверхности. Максимальные количества плодов сосредоточены в БГГ-1 (73,0 %), минимальные – в БГГ-3 (4,5 %) и БГГ-2 (22,5 %).

**Насаждения робинии лжеакации.** Исследования показали, что к 17-летнему возрасту древостой белой акации достиг высоты 8 м и диаметра 10,5 см. Тип экологической структуры – полуосветленный, световое состояние нормальное, соответствует второй ступени развития – жердняк. Тип древостоя – 10 Р. Сомкнутость крон – 1. На одном гектаре зарегистрировано 2650 деревьев. В изученном древостое выделено три биогеогоризонта.

БГГ-1 выделен на высоте от 6 до 8 м. Его продуктивность составила 53,09 т/га абсолютно сухой массы. Формирование БГГ осуществлялось за счет живых ветвей 65 %, плодов 16 %, листьев 14 %, следует отметить незначительный вклад ауксибластов 3 % и стволов 2 %. ИЛП – 5,78 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>.

БГГ-2 занимает пространство в границах от 4 до 6 м. В нем аккумулировано 37,78 т/га органических веществ. Распределение фитомассы по фракциям: ветви живые – 58 %, ствол – 18 %, ветви усохшие – 10 %, листья – 7 %, плоды – 6 % и ауксибласты – 1 %. ИЛП – 1,84 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. К особенностям формирования БГГ можно отнести: 1) доминирование живых ветвей; 2) появление усохших ветвей; 3) значительное снижение уровня органов ежегодного обновления; 4) появление четко выраженной стволовой части.

БГГ-3 располагается в границах от поверхности до 4 м, характеризуется максимальной продуктивностью 73,16 т/га, которая на 82 % обеспечивалась стволами, на 17 % ветвями. Соотношение между живыми и усохшими частями равномерное. Количество листьев и ауксибластов составило менее 1 %. Плоды отсутствуют. ИЛП – 0,53 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>.

Таким образом, надземная продуктивность древостоя белой акации составила 164,03 т/га. Фракционная структура имела следующий вид: стволы – 41,7 %, ветви живые – 38,0 % и усохшие – 6,0 %, плоды – 6,6 %, листья – 6,5 %, ауксибласты – 1,3 %. ИЛП составил 8,15 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>.

В формировании древостоя проявлялись свои специфические особенности. Максимальные запасы фитомассы находились в БГГ стволовой аккумуляции – 45 %, в БГГ ослабленной материально-энергетической трансформации – 36,7 % и в БГГ интенсивной материально-энергетической трансформации – 15,6 %.

минимальные – в БГГ ослабленной материально-энергетической трансформации – 23 % и в БГГ интенсивной материально-энергетической трансформации – 32 %.

Как показал вертикально-фракционный анализ, четко выраженная стволовая часть развивается до высоты 4 м. На этом участке аккумулируются максимальные их количества (88 %). По мере роста в нижней части кроны ствол уменьшается в диаметре, за счет этого происходит уменьшение его массы до 10 %. Он начинает соответствовать диаметрам ветвей первого и второго порядков. В верхней части кроны находится 2 % от массы стволов. Размеры ствола не отличаются от размеров ветвей, формирующих данный БГГ.

Наиболее активной является верхняя часть кроны. В ней доминируют живые ветви, ауксибласты, листья и плоды (соответственно 55, 76, 71 и 79 %). В нижней части кроны происходит уменьшение их удельного веса до 35, 20, 25 и 21 %, а в нижней части ствола до 10, 4, 4 и 0 %.

Усыхание ветвей связано с активностью формирования кроны. В ходе роста ветви осваивают новое жизненное пространство; по мере продвижения вверх происходит отмирание значительной их части. Так, в БГГ-3 представлено 62 %, в БГГ-2 – 38 % от массы усохших ветвей (что соответствует уровню живых ветвей в данном горизонте).

Специфика формирования насаждения связана с высокой густотой стояния древостоя, что привело к особенностям вертикально-фракционного распределения фитомассы. Хотелось бы обратить внимание на массу и удельный вес в структуре древостоя ауксибластов. При загущенной посадке и замедлении роста происходит уменьшение данной фракции в структуре насаждения.

**Насаждения тополя черного.** Исследования показали, что к 22-летнему возрасту древостой тополя черного достиг высоты 18,4 м и диаметра 33,4 см. Тип экологической структуры – полуосветленный, световое состояние нормальное, соответствует второй ступени развития – жердняк. Тип древостоя – 10 Т. Сомкнутость крон – 0,9. На одном гектаре зарегистрировано 1200 деревьев. В изученном древостое выделено три биогеогоризонта.

БГГ-1 выделен на высоте от 12 до 18 м. Его продуктивность составила 49,52 т/га абсолютно сухой массы. Формирование БГГ осуществлялось за счет живых ветвей (58 %), листьев (20 %), ствола (17 %) и ауксибластов (5 %). ИЛП – 3,94 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>.

БГГ-2 занимает пространство в границах от 4 до 12 м. В нем аккумулировано максимальное количество органических веществ (159,98 т/га). Распределение фитомассы по фракциям: ствол – 57 %, ветви живые – 35 %, листья – 6 %, ауксибласты – 2 %. ИЛП – 5,71 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. К особенностям формирования БГГ можно отнести: 1) доминирование стволов; 2) появление усохших ветвей (0,14 %); 3) значительное снижение уровня органов ежегодного обновления.

БГГ-3 располагается в границах от поверхности до 4 м. Продуктивность БГГ составила 113,53 т/га. Она на 87,9 % обеспечивается стволами и на 9,3 % ветвями, из которых на живые части приходится 7,2 %, а на усохшие – 2,1 %. Масса листьев в структуре горизонта занимает 2,3 % и масса ауксибластов 0,6 %. ИЛП – 1,32 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>.

Таким образом, надземная продуктивность древостоя тополя черного составила 323,02 т/га. Фракционная структура имела следующий вид: стволы – 61,8 %, ветви живые – 28,6 %, усохшие – 0,8 %, листья – 6,8 %, ауксибласты – 2,0 %. ИЛП составил 10,96 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. Распределение фитомассы древостоя имело свои специфические особенности. В БГГ интенсивной материально-энергетической трансформации аккумулировалось 15 % органического вещества, БГГ ослабленной материально-энергетической трансформации – 50 % (за счет двукратного превышения пространства данным БГГ по отношению к другим) и в БГГ стволовой аккумуляции – 35 %.

Как показал вертикально-фракционный анализ, стволовая часть четко выражена по всей высоте древостоя. Максимальное количество ее находится в БГГ-3 (50 %), меньшее – в БГГ-1 (4 %) и БГГ-2 (46 %). Наиболее активное формирование кроны происходит в верхней части древостоя. Подтверждение этому – высокий уровень концентрации на единицу пространства живых ветвей (31 %), ауксибластов (42 %) и листьев (44 %), отсутствие усохших ветвей. Дальнейшее распределение связано с нижней частью кроны, ее формой (пирамидальностью) и протяженностью (8 м). Появляются сухие ветви (9% от общей массы фракции), живых ветвей образуется 60 %, ауксибластов 48 %, листьев 44 %. В нижней части ствола сосредоточено 91 % от массы фракции усохших ветвей, 9 % живых ветвей, 10 % ауксибластов и 12 % листьев.

### Выводы

На исследованных почвах, обладающих высоким уровнем плодородия, надземная продуктивность в древостое тополя черного составила 323 т/га, робинии лжеакации – 164 т/га и облепихи крушиновидной – 98 т/га абсолютно сухой массы. Формирование и распределение фитомассы зависело от биологических особенностей каждой культуры (пирамидальность у тополя, кустарниковая форма у облепихи, полуаэрокронность у белой акации) и условий их произрастания.

В древостое с высокой густотой стояния происходит замедление роста ауксибластов, что приводит к снижению массы и удельного веса фракции в структуре насаждения, отражается на активности формирования крон.

Относительный вклад фракций стволов и ветвей в надземную массу деревьев взаимосвязан таким образом, что с уменьшением доли одной из них происходит соответствующее увеличение другой, тогда как их совместный вклад в фитомассу деревьев варьирует в меньшей степени (на уровне 86–92 %).

Изучение фракционной структуры при характеристике первичной биологической продуктивности важно для понимания продукционной инвариантности растительного покрова, математического моделирования продукционного процесса в древостое, решения многих вопросов ботанического и лесного ресурсоведения.

### Библиографические ссылки

1. **Аринюшкина Е. В.** Руководство по химическому анализу почв. – М.: МГУ, 1970. – 478 с.
2. **Белова Н. А.** Естественные леса и степные почвы (экология, микроморфология, генезис) / Н. А. Белова, А. П. Травлев. – Д.: ДГУ, 1999. – 346 с.
3. **Бяловитч Ю. П.** Биогеоценологические горизонты // Тр. МОИП. – 1960. – Т. 3. – С. 43–61.
4. **Ватковский О. С.** Анализ формирования первичной продуктивности лесов. – М., 1976. – 115 с.
5. **Делеган И. В.** Продуктивность культурфитоценозов с участием интродуцированных древесных пород / И. В. Делеган, Т. И. Гаманюк, Ф. Токар // Проблемы лесоведения и лесной экологии. Тез. докл. – М., 1990. – С. 205–207.
6. **Карманова И. В.** Пространственная структура сложных сосняков / И. В. Карманова, Т. Н. Судницына, Н. А. Ильина. – М.: Наука, 1987. – 200 с.
7. **Кофман Г. Б.** Рост и форма деревьев. – Новосибирск: Наука, 1986. – 210 с.
8. **Молчанов А. А.** Методика изучения прироста древесных растений / А. А. Молчанов, В. В. Смирнов. – М.: Наука, 1967. – 100 с.
9. **Одинак Я. П.** К вопросу о биогеогоризонтах / Я. П. Одинак, Д. В. Борсук // Биогеоценология, антропогенные изменения растительного покрова и их прогнозирование. Тез. докл. II Республ. совещ. – К., 1978. – С. 21.
10. **Программа** и методика биогеоценологических исследований / Под ред. Н. В. Дылиса. – М.: Наука, 1974. – 402 с.

11. **Родин Л. Е.** Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах / Л. Е. Родин, Н. П. Ремезов, Н. И. Базилевич. – Л.: Наука, 1968. – 143 с.
12. **Усольцев В. А.** Моделирование структуры и динамики древостоев. – Красноярск: Красноярский ун-т, 1985. – 191 с.
13. **Уткин А. И.** Биогеогоризонты лесных биогеоценозов с различным составом древостоев близкого возраста / А. И. Уткин, Я. И. Гульбе, Н. Ф. Калина // Биогеоценологические исследования на Украине. Тез. докл. III Республ. совещ. – Л., 1984. – С. 108–109.

*Надійшла до редколегії 04.02.2007*